

СЕКЦИЯ 2. ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ЯВЛЕНИЯ В МАТЕРИАЛАХ ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЕ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛОВ С ОГРАНИЧЕННОЙ РАСТВОРИМОСТЬЮ ПРИ СВАРКЕ ВЗРЫВОМ

Волкова А.Ю., Иноземцев А.В.

Руководитель – проф., д.ф.-м.н. Гринберг Б.А.

ИФМ УрО РАН, г. Екатеринбург, alyonka_wolf@mail.ru

Под термином «сварка взрывом» принято подразумевать явление прочного соединения соударяющихся под некоторым углом поверхностей металлических тел, по крайней мере, одно из которых разгоняется до скоростей 150 – 1000 м/с продуктами детонации взрывчатого вещества. Сварка взрывом, которая представляет собой высокоинтенсивное кратковременное воздействие, позволяет получать соединения с исключительно высокой прочностью, даже при соединении металлургически несовместимых металлов. Центральной проблемой сварки является перемешивание в переходной зоне вблизи границы раздела. Именно структура переходной зоны определяет возможность сцепления пластин обоих материалов. Особенно остро проблема перемешивания стоит для свариваемых пар, имеющих ограниченную взаимную растворимость. Для того чтобы выяснить, насколько важным фактором является наличие взаимной растворимости исходных материалов и за счёт чего происходит сцепление металлов, для исследования были выбраны медь (М1) и тантал (ТВЧ), которые в жидком состоянии образуют несмешивающиеся взвеси.

Сварку выполняли в ОАО «Уралхиммаш» и в ВолГТУ при различных параметрах. В обоих случаях использовалось параллельное расположение пластин и следующие параметры сварки взрывом:

(А) $\gamma = 5,22^\circ$, $V_k = 2680$ м/с, $V_c = 234$ м/с («Химмаш»);

(В) $\gamma = 11,8^\circ$, $V_k = 2125$ м/с, $V_c = 440$ м/с (ВГТУ),

где: γ – угол соударения, V_k – скорость точки контакта, V_c – скорость соударения.

Параметры (А) соответствуют нижней границе свариваемости для данных материалов, параметры (В) – более сильное воздействие.

На рис. 1а приведено поперечное сечение переходной зоны для соединения «А». Граница является неоднородной. Неровности поверхности раздела можно охарактеризовать как выступы одного металла в другой (размер примерно 5 – 10 мкм), а именно, выступы тантала, более твердого

материала, в медь. Это подтверждает продольное сечение границы раздела (рис. 1б), состоящее из хаотично расположенных пятен трех цветов: белого (Ta), черного (Cu) и серого (зона перемешивания металлов).

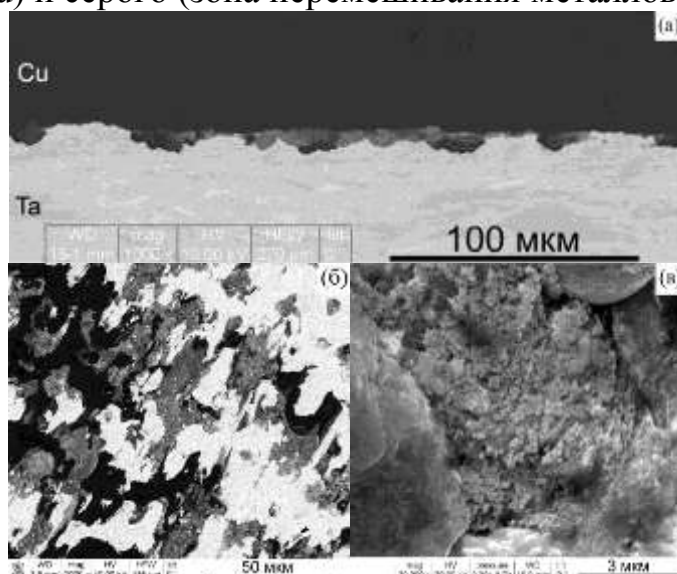


Рис.1. Переходная зона сварного соединения «А» (СЭМ): а – поперечное сечение; б – продольное сечение образца; в – поверхность тантала, примыкающая к переходной зоне (медь стравлена химически).

Для выяснения структуры серой зоны важным является рис. 1в, на котором приведено продольное сечение переходной зоны, полученное после того, как медь была полностью вытравлена азотной кислотой. Сканирующая микроскопия позволила понять, что серые зоны содержат частицы тантала с преимущественно нанометрическими размерами. Такое наноструктурирование зоны локального расплавления обеспечивает упрочнение всего соединения.

В результате, было предположено, что серая зона - это застывшая коллоидная система (типа суспензии) из двух несмешивающихся фаз: дисперсная фаза — мелкораздробленное вещество (Ta) с линейными размерами, гораздо меньшими 100 нм, а дисперсионная среда — однородное вещество (Cu), в котором распределена дисперсная фаза.

Переходная зона соединения «В» отличается от описанной выше, прежде всего, волнообразной границей раздела (рис. 2а, б) и большим объемом расплавов вдоль границы. Длина и амплитуда волны составляют примерно 270-350 мкм и 60-65 мкм соответственно. Кроме коллоидного раствора тантала в меди, в серой зоне сохраняются не испытывавшие расплавления куски тантала (рис. 2в).

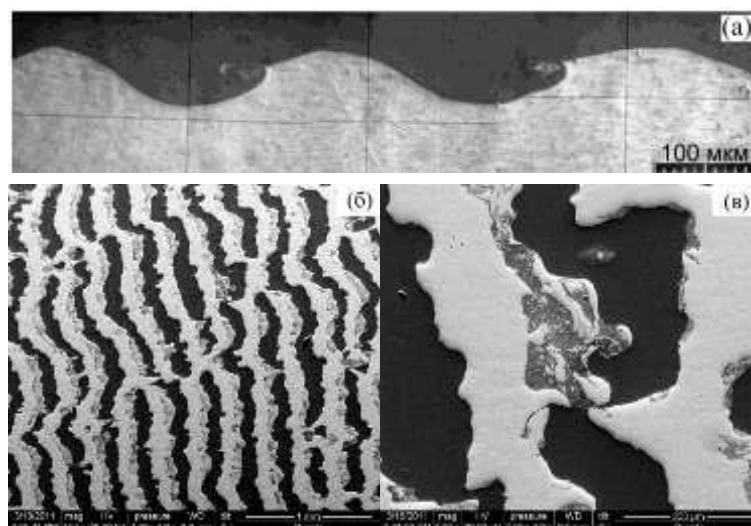


Рис. 2. Поперечное (а) и продольное (б, в) сечения соединения «В» (СЭМ)

Оба процесса – образование выступов на поверхности раздела и образование зон локального расплавления – позволяют получить прочное сварное соединение.

Выступы играют роль «гвоздей», сшивающих два металла. Они обеспечивают взаимное проникновение материалов друг в друга. Перемешивание происходит в зонах расплавления, благодаря циркуляции расплава, что предотвращает расслоение коллоидной системы на составляющие за время, необходимое для застывания расплава.

Определено, что отсутствие взаимной растворимости не препятствует образованию прочного неразъемного соединения, однако влияет на формирование структуры переходной зоны, в которой отсутствуют истинные твердые растворы свариваемых металлов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 10-02-00354 и междисциплинарного проекта УрО РАН № 09-М-12-2002

Список литературы

1. Гринберг Б.А., Иванов М.А., Рыбин В.В., Елкина О.А., Пацелов А.М., Антонова О.В., Иноземцев А.В., Салищев Г.А., Кожевников В.Е. Структура переходной зоны при сварке взрывом (медь - тантал) // Деформация и разрушение материалов. 2011. №9. С.34-40.
2. Гринберг Б.А., Елкина О.А., Антонова О.В., Иноземцев А.В., Иванов М.А., Рыбин В.В., Кожевников В.Е. Наноструктурирование переходной зоны соединения Cu-Ta (сварка взрывом) // Автоматическая сварка. 2011. №7. С.24-30.
3. Гринберг Б.А., Иванов М.А., Рыбин В.В., Иноземцев А.В., Антонова О.В., Елкина О.А., Пацелов А.М., Кузьмин С.В., Лысак В.И., Кожевников В.Е. Неоднородности поверхности раздела при сварке взрывом // Физика металлов и металловедение. 2012. (в печати)